

Проблеми розподілу ресурсів обслуговування слайсів у мережах 5G

Скулиш М.А., д.т.н.,с.н.с.. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». mskulysh@gmail.com

Запорожець Д.Б., студент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». zaporozhetsdb@gmail.com

Анотація. У статті розглядаються модель мережевої інфраструктури для мікро операторів. Пропонується механізм DTBFR, який використовує теорію дерева рішень як основу для прийняття рішення про трафік на основі SDN. Функції, що розгортаються регіональною службою мікро-оператора, можуть ефективно зменшити навантаження на центр обробки даних в Інтернеті і підвищити швидкість розвитку крайової обчислювальної служби в майбутній мережі 5G .

Ключові слова: телекомунікаційна система, амплітудно-маніпульований сигнал, передача даних.

The distribution of slice service resources in 5G networks

Mariia Skulysh, Dr.habil.,Prof. National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine. mskulysh@gmail.com

Catherina Domracheva, student, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine. zaporozhetsdb@gmail.com

Abstract. The trend of mobile networks 5G is growing with the increase in the number of users and the speed of transmission. Many operators are turning to small cellular and internal coverage of telecommunication network services. Due to the emergence of software-specific network technologies and virtualization of network functions, the ISP can deploy its networks more flexibly and dynamically. In addition to changing the model for deploying a wireless mobile network, it also determines the tendency for micro-operators to develop (μO). Communication operators can provide regional network services through public buildings, shopping malls or industrial facilities. In addition, localized network services are provided and bandwidth consumption is reduced. The distributed μO architecture meets the computing requirements for applications, data, and services from the cloud data center to the peripheral network devices or the micro-data center μO . The μO service model is able to reduce network latency in response to applications with a low latency for the future 5G boundary computing environment. This article discusses the design of the micro-operator 5G and proposes a mechanism for redirecting flows based on the decision tree (DTBFR) to redirect traffic flows to neighboring service nodes. The DTBFR mechanism allows different microcontrollers to share network resources and accelerate the development of border computing in the future.

Keywords: network slicing, 5G, micro operator, DTBFR.

Вступ

Багато нових операторів звертаються до мікро осередків телекомунікаційних послуг мережі, яка охоплює внутрішні приміщення в результаті приходу епохи 5G, зміни звичок користувачів при переході в Інтернеті, і зростаючі вимоги до додатків. Оператори зв'язку можуть надавати послуги за допомогою різних мереж доступу, таких як 3G, 4G, 5G, і навіть Wi-Fi [1-3]. З формуванням SDN / NFV технології, інтернет-провайдер (ISP) може розгорнути свої мережі більш гнучко і динамічно [4-6]. Інтернет-провайдери в даний час здатні забезпечити місцеві послуги за допомогою громадських будівель, торгових центрів, або промислових об'єктів, і це не тільки змінило модель поширення і створення мережі мобільного зв'язку, а й породила ідею мікро оператора (μO) [5-7]. Такі фактори, як нестача ресурсів спектра, ефективною зайнятості смуги пропускання, масштаб ринку мобільного зв'язку, а також варіанти споживачів за різноманітність послуг змовилися виробляти зародження Mobile Virtual Network Operator (MVNO), який, в свою чергу, приносить більш різноманітні послуги на ринку телекомунікацій [10]. MVNO можуть

ставитися до будь-яких телекомунікаційних операторів, які надають послуги бездротового зв'язку для споживачів і не мають свої власні мережеві інфраструктури. Для того, щоб розширити охоплення свого бізнесу, Мобільні оператори (MNO) можуть вибрати співпрацювати з іншими операторами орендуючи пропускну здатність і час використання в своїх областях, щоб швидко розвинути бізнес MVNO. MVNO надає абсолютно нові можливості для розвитку для дозрілого ринку мобільного зв'язку. Що стосується операторів мобільного зв'язку 5G, розвитку малих і мікро осередків телекомунікаційних послуг мережі, яка охоплює внутрішні приміщення в даний час ініціюються для задоволення попиту користувачів для внутрішнього покриття, дозрівання концепції μ O.

На рисунку 1 зображена мережева архітектура мікро оператора. Мікро оператор є відносно невеликим за масштабами і має обмежені ресурси для забезпечення конкретних і необхідних послуг для певної кількості користувачів.

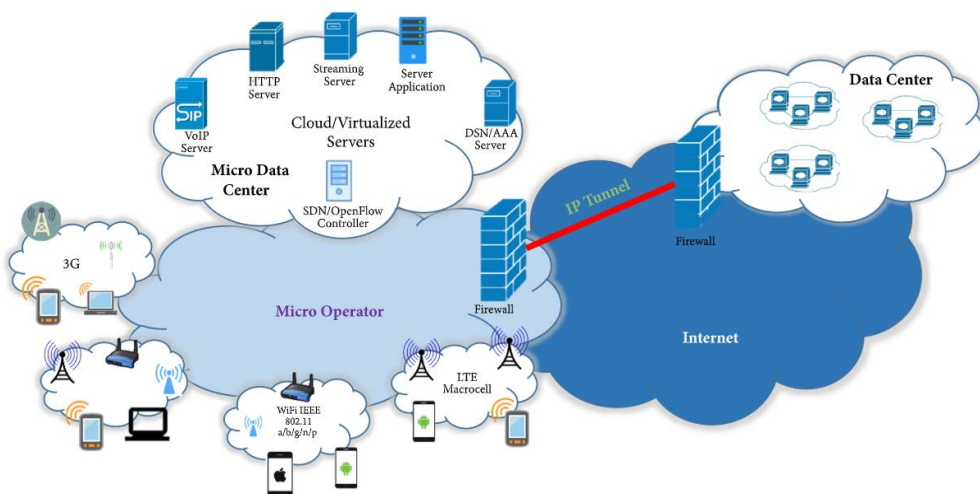


Рисунок 1 Мережева архітектура мікро оператора

Обмежені ресурсами і простором, мікро оператор має характер регіоналізації обслуговування, що дозволяє йому забезпечити, в умовах, коли апаратні інфраструктури є недостатніми, а ресурси обмежені, різні регіональними послуги у відповідності з різними доменами. Що робить можливим для користувачів мобільних пристроїв отримати доступ до послуг у прилеглих регіонах. Крім скорочення споживання ресурсів пропускну здатності, пропонуючи прилеглих мережевих послуг, цей вид локалізації служби може також передавати додатки, дані і обчислення послуг з вузлів в центрі обробки даних на хмарі до краю вузлів в логічній мережі для обробки і реалізувати середовище для обчислень та зменшити затримки в мережі, і задовольнити вимоги 5G.

Проектування моделі та DTBFR механізм

Взаємодія між SDN та NFV дозволяє мережевій інфраструктурі 5G абстрактної побудови системи та додатково збільшити гнучкість мережі, можна вертикально розділити на кілька блоків дизайнерів та побудувати мережу, яка підключена, запрограмована та віртуальна. Оператор може переключитися на використання технологій скорочення віртуалізації мережі та мереж, гнучко розділити фізичну мережу на кілька незалежних мереж та ізольований інтерфейс користувача за різних сценаріїв.

Таким чином, завдання полягає в організації обслуговування незалежних фрагментів у межах існуючої інформаційно-телекомунікаційної інфраструктури. Щоб забезпечити підтримку незалежних зрізів, ви повинні врахувати наступні особливості:

- необхідно забезпечити кожного достатньою кількістю ресурсів, як телекомунікаційних, так і обчислювальних, для обслуговування віртуалізованих функцій мережі з метою надання послуг на заданому рівні якості.
- необхідно враховувати характер зміни навантаження в кожному шматочку для оптимального розподілу ресурсів між скибчками протягом дня.
- визначити умови міграції фрагментів у телекомунікаційній інфраструктурі, що забезпечить безперебійну роботу системи.

Модель проектування показана на рисунку 2 [11], де технологія врізки мережі реалізує

The diagram illustrates the OpenVirtex architecture for NFVI slices. It is divided into two main sections: the top section shows the internal structure of three slices (Slice 1, Slice 2, Slice 3), and the bottom section shows the overall system architecture.

Top Section: Slice Details

- Slice 1 (Green background):** Contains a network topology with blue nodes and black links. A green box labeled "tunnel" is connected to the topology. A black box labeled "NFVI" is also present.
- Slice 2 (Light Blue background):** Contains a network topology with blue nodes and black links. A green box labeled "tunnel" is connected to the topology. A black box labeled "NFVI" is also present.
- Slice 3 (Pink background):** Contains a network topology with blue nodes and black links. A green box labeled "tunnel" is connected to the topology. A black box labeled "NFVI" is also present.

Bottom Section: System Architecture

- uO Slices:** A collection of network topologies (blue nodes and black links) representing user operator slices.
- Open Virtex:** A central block that manages the slices and connects them to the core network.
- Core network:** A large yellow oval representing the central network infrastructure.
- Datacenter:** A large purple oval representing the data center infrastructure.
- Micro Operator:** A small blue oval representing the operator managing the micro datacenter.
- Micro Datacenter:** A small blue oval representing the micro datacenter infrastructure.
- DC Target Service:** A black box representing the target service in the data center.

Connections are shown between the uO Slices, Open Virtex, Core network, Datacenter, and DC Target Service. A green arrow points from the Micro Operator to the Core network.

У відповідь на вимогу розподілу мережевих ресурсів μO , що дозволяє користувачам отримувати доступ до сусідніх мережевих ресурсів, у статті пропонується механізм DTBFR для мікро операторів з використанням теорії дерева рішень, яка служить орієнтиром при визначенні напрямку потоків трафіку SDN. Алгоритми дерева рішень використовувались для вирішення проблем прогностичної аналітики в останні кілька років. Дерево рішень - це контрольована модель машинного навчання з простою інтуїцією процесу та високою ефективністю виконання. Алгоритм дерева рішень в основному використовується для систематичного результату та інтеграції набору даних та для пошуку спеціального зв'язку класу та мітки під час процесу прийняття рішення. У порівнянні з іншими моделями ML швидкість виконання є головною перевагою. Для кількісної оцінки невизначеної інформації та набору даних, у статті використовується ентропія як метод для визначення невизначеності та рівня хаосу в (1). Ентропія - це міра домішки у збірці навчальних прикладів. Ентропія зростає зі збільшенням невизначеності чи випадковості та зменшується зі зменшенням невизначеності чи випадковості. Виробництво інформації надходить із невизначеністю, і ентропія може оцінити її відповідно до її ймовірності виникнення. З більшою ймовірністю частіше виникає хаос і невизначеність невисока, тоді як навпаки, невизначеність висока.

Алгоритм дерева рішень використовує вибір функцій для управління рішенням найбільш корисних атрибутів. Різні критерії вибору функцій призводять до різних типів дерев рішень. Структурна схема побудови дерева рішень показана на рисунку 3.

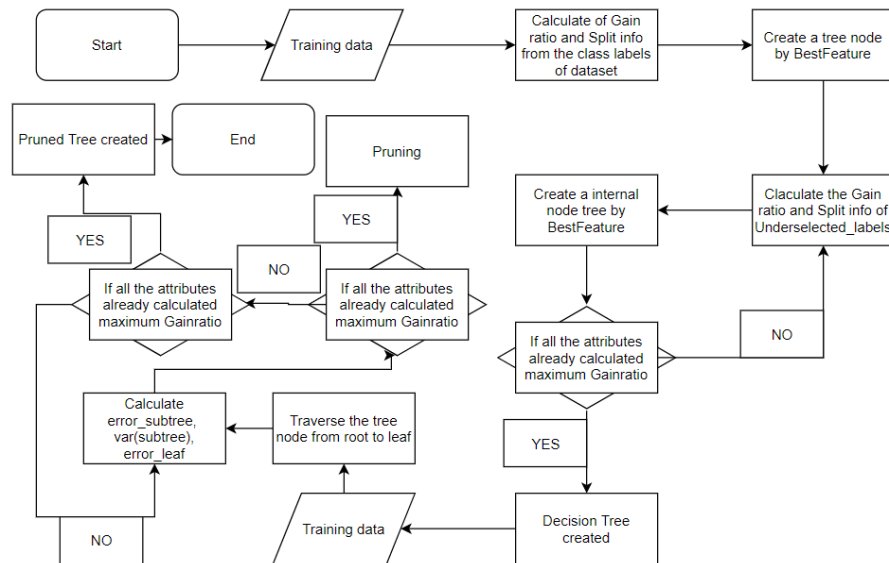


Рисунок 3 Структурна схема побудови дерева рішень

Запропонований метод DTBFR використовує технологію SDN для збору інформації про мережевий трафік. Дерево результатів алгоритму дерева рішень може надавати інструкції для контролера SDN для спрямування потоків трафіку від користувача до сервісів в сусідньому центрі даних 5G мікро операторів. DTBFR у поєднанні з програмованою мережевою архітектурою 5G SDN / NFV може підвищити ефективність обслуговування та заощадити наявні ресурси.

Метод автоматичної живої міграції

Необхідно забезпечити автоматичне балансування навантаження фізичних ресурсів телекомунікаційних вузлів, уникаючи перевантаження одного вузла та неефективного використання іншого. Механізм цього балансування називається "розумною міграцією".

Постановка проблеми. Ця система повинна забезпечувати:

- безперервність фрагмента, тоді як кінцевому користувачеві не потрібно знати, як це зробити, а лише отримувати якісне обслуговування без будь-яких перевантажень;
- процес міграції повинен бути зосередженим та оптимізувати стан телекомунікаційної мережі;
- при плануванні міграції слід враховувати, що два канали (основний і резервний) одного фрагмента не будуть розташовуватися в одному фізичному вузлі телекомунікацій, тому він повинен підтримувати високу доступність;
- Однією з важливих вимог до міграції є мінімальний час її завершення, оскільки довгострокова міграція може негативно впливати на стан системи;
- система повинна забезпечувати захист від циклічного циклу, тобто від нескінченної міграції одного і того ж фрагмента;
- повинні забезпечувати захист від збоїв та працювати в кластерному режимі, що особливо важливо для багаторазових міграцій.

Архітектура міграційної системи. Є інформація про статистику вузлів електрозв'язку та навантаження, яку створює фрагмент на вузол телекомунікацій. Ці дані періодично зчитуються і формуються в метрики, які зберігаються у певному сховищі. Таким чином, зв'язавшись із цим сховищем, ви можете в будь-який час отримати інформацію про динаміку споживання ресурсів на окремому вузлі або фрагменті телекомунікацій. Також доступна інформація про кількість ресурсів, які мають фізичні сервери.

Рішення про необхідність міграції, а також про те, що і куди повинен перейти блок управління. Після вибору кандидатів на міграцію їх розміщують у розподіленій черзі, яка обробляється спеціальним процесом. Цей процес аналізує інформацію про кількість елементів у черзі і, виходячи з цієї інформації, вибирає елемент, який потрібно перенести. Процес фізичної міграції є синхронним без будь-яких розривів або повернень, при цьому існує спеціальний механізм, який забезпечує відсутність помилок і затримок. Основним завданням процесу є забезпечення вибору кандидата на міграцію та переміщення його до певного вузла телекомунікацій таким чином, щоб оптимізувати стан системи. Таким чином, виникає проблема багатовимірної оптимізації. Існує кілька алгоритмів вирішення цієї проблеми.

Простий алгоритм:

1. Пошук найбільш завантаженого вузла.
2. Сервер вибирає найбільш оптимальний вузол за кількістю споживаних ресурсів.
3. Перемістіть скибочку.

Цей алгоритм простий у використанні, однак при великій кількості комунікаційних вузлів алгоритм недостатньо оптимальний. Для таких випадків потрібно використовувати більш складний алгоритм. Суть його полягає в наступному. Визначені спеціальні правила, яким повинно відповідати оптимальне рішення. Існують суворі правила, які не можна порушувати ні за яких обставин, і м'які правила, якими можна знехтувати в деяких випадках. Крім того, визначаються типи проблемних рішень:

- можливі рішення - рішення, які досягаються з порушенням суворих правил (неправильних рішень);
- можливі рішення - рішення, які не порушують жорстких умов, але не виконують частини м'яких;
- оптимальні рішення - рішення, що відповідають обома типам умов;
- найкращі рішення - це найкращі рішення, розраховані за найкоротший час.

Щоб вирішити проблему за допомогою складного алгоритму, необхідно заздалегідь визначити м'які та жорсткі обмеження.

Жорсткі обмеження:

1. Обсяг ресурсів цільового вузла повинен бути достатнім для переміщення фрагмента. Крім того, потрібно надати резервні ресурси.
2. Фрагмент не може перейти на власний фізичний вузол.
3. На одному фізичному вузлі не повинні розташовуватися потоки одного зрізу. Ця умова забезпечує втрату мінімальної кількості даних у разі відмови системи.

М'які обмеження:

1. Перемістити слід найбільш завантаженими потоками скибочок.
2. Цільовий фізичний вузол повинен бути найменш завантаженим.

Основним недоліком цього алгоритму є відсутність інструментів для обліку тенденцій у витраті ресурсів за різними фрагментами. Було проведено дослідження ефективності обліку статистичних даних у процесі вибору потоку для міграції, а також вузла, до якого буде здійснюватися міграція.

Для правильного вибору вузла, до якого буде здійснюватися міграція, необхідно оцінити тенденцію зміни динаміки використання ресурсів обраного сервера з урахуванням навантаження, яке створюватиме міграційний потік потоку.

Для визначення моменту міграції необхідно з заданим інтервалом часу оцінити поточну статистику використання ресурсів, побудувати статистичну тенденцію щодо кількості обслуговуваних запитів. Виходячи з тенденції, робиться оцінка ймовірності того, що обслуговування контейнерів, розташованих на досліджуваному вузлі, перевищить допустиму кількість ресурсів, тоді процес міграції почнеться. Метод оцінки достатності ресурсів представлений у [10].

Таким чином, виходячи з поточної статистики навантаження, що формується сумою потоків окремих зрізів; Оцінки верхньої межі потужності вузла електрозв'язку визначатимуть потребу міграції.

Висновки

В цій статті описуються технології SDN та NFV як основа та поєднує технології потокової та тунельної мережевих технологій для створення моделі мережевої інфраструктури для MSO за допомогою механізму інтелектуальної міграції. Ця модель дозволяє користувачам різних мікро операторів підключитися за допомогою технології тунелювання, а потім здійснити швидке мережеве з'єднання для ефективного вдосконалення взаємодії з мережею, в той час як збалансувати навантаження між усіма вузлами даної мережі. Для задоволення потреб регіонального сервісу мікрооператорів у цій статті пропонується механізм DTBFR, який використовує теорію дерева рішень як основу для прийняття рішень щодо дорожнього руху на основі SDN. Як розподіл та контроль навантаження на вузли ми використовуємо метод зрізів, що працюють разом у існуючій зовнішній інфраструктурі телекомунікацій, що забезпечує автоматичний розподіл телекомунікаційних та обчислювальних ресурсів системи залежно від навантаження та дозволяє вирішити проблему пікових навантажень і простоїв. Цей метод автоматичного балансування навантаження телекомунікаційних вузлів ("розумна міграція") не дозволяє перевантажувати один вузол та простої іншого вузла. Функції, які використовує регіональний сервіс мікрооператорів, можуть ефективно знизити навантаження на центр обробки даних в Інтернеті та прискорити розвиток регіональної комп'ютерної служби в майбутній мережі 5G. А метод «розумної міграції» дозволить раціонально використовувати мережеві ресурси.

Література

1. A. Raschellà, F. Bouhafs, G. C. Deepak, and M. Mackay, "QoS aware radio access technology selection framework in heterogeneous networks using SDN," *Journal of Communications and Networks*, vol. 19, no. 6, pp. 577–586, 2017.
2. M. Matinmikko, M. Latva-aho, P. Ahokangas, S. Yrjölä, and T. Koivumäki, "Micro operators to boost local service delivery in 5G," *Wireless Personal Communications*, vol. 95, no. 1, pp. 69–82, 2017.
3. A. Prasad, Z. Li, S. Holtmanns, and M. A. Uusitalo, "5G micro-operator networks — A key enabler for new verticals and markets," in *Proceedings of the 2017 25th Telecommunication Forum (TELFOR)*, pp. 1–4, Belgrade, Serbia, November 2017.
4. J. S. Walia, H. Hammainen, and M. Matinmikko, "5G Micro-operators for the future campus: A techno-economic study," in *Proceedings of the 2017 Internet of Things - Business Models, Users, and Networks*, pp. 1–8, Copenhagen, Denmark, November 2017.
5. M. Matinmikko-Blue and M. Latva-aho, "Micro operators accelerating 5G deployment," in *Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Industrial and Information Systems (ICIIS)*, pp. 1–5, Peradeniya, Sri Lanka, December 2017.
6. P. Ahokangas, S. Moqaddamerad, and M. Matinmikko, "Future micro operators business models in 5G," *The Business and Management Review*, vol. 7, no. 5, pp. 143–149, 2016.
7. P. Mach and Z. Becvar, "Mobile Edge Computing: A Survey on Architecture and Computation Offloading," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 19, no. 3, pp. 1628–1656, 2017.
8. Skulysh M.A. Zastavenko A.A. Pilipenko A.Y. The method of choosing a container for migrating a virtual machine in the cloud data storage. *Bulletin of Kharkiv National University Imeni V.N. Karazina, Seriya "Mathematical Modelyuvnya. Informatsiyni tekhnologii. Avtomatizovani sistemi upravleninya"*. 2016 r. Vypusk 31. P.47-58.
9. Globa, L., Skulysh, M., Romanov, O., & Nesterenko, M. (2018, November). Quality Control for Mobile Communication Management Services in Hybrid Environment. In *The International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics* (pp. 76-100). Springer, Cham.
10. Skulysh, M. A., Romanov, O. I., Globa, L. S., & Husyeva, I. I. (2018, September). Managing the Process of Servicing Hybrid Telecommunications Services. *Quality Control and Interaction Procedure of Service Subsystems*. In *International Multi-Conference on Advanced Computer Systems* (pp. 244-256). Springer, Cham.
11. Chia-Wei Tseng, Yu-Kai Huang, Fan-Hsun Tseng, Yao-Tsung Yang, Chien-Chang Liu, and Li-Der Chou, "Micro Operator Design Pattern in 5G SDN/NFV Network," *Wireless Communications and Mobile Computing*, vol. 2018, Article ID 3471610, 14 pages, 2018.